

10 / 500393

23 JAN 2004

PCT/JP03/13633

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

24.10.03

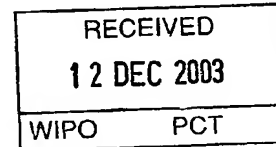
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年10月28日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-312444  
[ST. 10/C]: [JP2002-312444]

出 願 人  
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

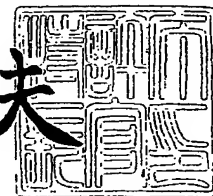


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3097951

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 2161840902

【提出日】 平成14年10月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03B 5/32

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 佐々木 幸紀

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電振動子、それを用いたフィルタ及び圧電振動子の調整方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電板の分極方向が厚み方向を向いている圧電振動子において、前記圧電板の両主面に電極が設けられ、さらに前記圧電板の両主面には前記圧電板を挟んでほぼ点対称な位置にほぼ相似形で、かつ、ほぼ同じ厚みの誘電体膜が積層され、前記圧電板が厚み縦振動を主振動とするように構成された圧電振動子。

【請求項 2】 圧電板が窒化アルミニウムからなる請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 3】 誘電体膜が酸化珪素からなる請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 4】 誘電体膜が窒化珪素からなる請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 5】 誘電体膜が酸化珪素と窒化珪素の積層膜からなる請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 6】 圧電板の主振動が厚み縦振動基本波である請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 7】 圧電板の主振動が厚み縦振動 2 倍波である請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 8】 圧電板の一方の主面側の誘電体膜の厚みと他方の主面側の誘電体膜の厚みの和  $t_s$  と圧電板の厚み  $t_p$  との比  $t_s / t_p$  を 0.7 以上 2.0 以下にした請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 9】 請求項 1 に記載の圧電振動子を少なくとも 2 個以上備えた梯子型フィルタ。

【請求項 10】 請求項 1 に記載の圧電振動子における圧電板の一方の主面側に設けられた電極が入力用及び出力用の 2 つの電極からなり、圧電板の他方の主面側に設けられた電極が接地用となるように構成された 2 重モードフィルタ。

【請求項 11】 請求項 1 に記載の圧電振動子の共振周波数を調整するにあたって、圧電板の一方の主面側の誘電体膜の厚みと他方の主面側の誘電体膜の厚みの和  $t_s$  と圧電板の厚み  $t_p$  との比  $t_s / t_p$  が 0.7 以上 2.0 以下の範囲と

なるように、前記誘電体膜の少なくともいずれか一方の厚みを変化させて前記圧電振動子の共振周波数を変化させる圧電振動子の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は圧電振動子、それを用いたフィルタ及び圧電振動子の調整方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

固体中を伝わる波であるバルク波を用いた圧電振動素子として、各種電子機器などのクロック源として用いられる圧電振動子や、通信機器の周波数抽出用などに用いられる圧電フィルタがある。これらの圧電振動素子の使用される周波数域は近年高周波化しており、主振動として厚みすべり、厚み縦などの厚み振動を利用したものが多く、またその主振動の共振周波数は圧電板の厚みに反比例することから、圧電板を薄膜などで形成することでより高周波での利用が試みられている。例えば、非特許文献1に記載されたものが知られている。非特許文献1では、図9に示すように圧電板として窒化アルミニウム薄膜101を用い、その表裏に励振用電極102を形成し、一方の主面側に窒化珪素103と酸化珪素104の積層膜からなる誘電体膜が形成された構造になっている。また、非常に薄い圧電振動子を取り扱いやすくするよう、圧電振動子全体を珪素基板105の上に形成した構造としている。

【0003】

【非特許文献1】

Marc-Alexandre Dubois and Paul Murant, "Properties of Aluminum nitride thin films for piezoelectric transducers and microwave filter applications", Applied Physics Letters, 1999年5月17日, pp. 3032~3034

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記従来例に示す構成においても、成膜後の初期においては圧電振動子の共振周波数の温度係数がほぼ零になるように圧電体薄膜と誘電体薄膜の弾性定数と寸法形状が考慮されている。しかし、各薄膜の応力緩和に配慮した長期信頼性を意識したものではないため、時間の経過とともに圧電体薄膜と誘電体膜のそれぞれの応力緩和の差に起因し、圧電振動子全体としての寸法形状の変化（反り）が初期形状に比べて大きくなってしまう。この反りが共振周波数の変化をもたらすといった課題を有していた。

## 【0005】

本発明は上記課題を鑑みてなされたものであり、反りによる共振周波数の変化が発生しない圧電振動子、それを用いたフィルタ及び圧電振動子の調整方法を提供することを目的とする。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

この課題を解決するために本発明は、圧電板の分極方向が厚み方向を向いている圧電振動子において、前記圧電板の両主面に電極が設けられ、さらに前記圧電板の両主面には前記圧電板を挟んでほぼ点対称な位置にほぼ相似形で、かつ、ほぼ同じ厚みの誘電体膜が積層され、前記圧電板が厚み縦振動を主振動とするように構成されている。この構成により、誘電体膜が圧電板の両主面に存在するため長期的な応力緩和の差に起因する圧電板や誘電体膜に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができる。

## 【0007】

## 【発明の実施の形態】

本発明の請求項1に記載の発明は、圧電板の分極方向が厚み方向を向いている圧電振動子において、前記圧電板の両主面に電極が設けられ、さらに前記圧電板の両主面には前記圧電板を挟んでほぼ点対称な位置にほぼ相似形で、かつ、ほぼ同じ厚みの誘電体膜が積層され、前記圧電板が厚み縦振動を主振動とするように

構成されているため、長期的な応力緩和の差に起因する圧電板や誘電体膜に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができるという作用を有する。

【0008】

請求項2に記載の発明は、圧電板が窒化アルミニウムからなることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、高周波帯においても比較的大きな機械的品質係数を有する圧電振動子が得られるという作用を有する。

【0009】

請求項3に記載の発明は、誘電体膜が酸化珪素からなることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、酸化珪素は負の周波数温度係数を有するため正の周波数温度係数を持つ圧電板との積層構造となすことで周波数温度係数をほぼ相殺させることができ、周波数温度特性が良好となるという作用を有する。

【0010】

請求項4に記載の発明は、誘電体膜が窒化珪素からなることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、珪素からなる支持基板上に窒素を注入し窒化珪素層を設けた上に圧電振動子を作成した後で、圧電振動子の振動部を中空構造とするため支持基板を裏面から化学的エッチングなどで除去する際に、窒化珪素層で支持基板のエッチングをストップさせる働きをもたせることができるため圧電振動子の作成工程が簡便になるという作用を有する。

【0011】

請求項5に記載の発明は、誘電体膜が酸化珪素と窒化珪素の積層膜からなることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、前記圧電振動子と同様の作用を有する。

【0012】

請求項6に記載の発明は、圧電板の主振動が厚み縦振動基本波であることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、主振動に基本波を用いることで、2倍波に比べて高精度に共振周波数を目標値に合わせることができるという作用を有する。

## 【0013】

請求項7に記載の発明は、圧電板の主振動が厚み縦振動2倍波であることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、主振動に2倍波を用いることで、圧電板の厚みが厚くても基本波に比べてほぼ2倍の高い共振周波数が得られるという作用を有する。

## 【0014】

請求項8に記載の発明は、圧電板の一方の主面側の誘電体膜の厚みと他方の主面側の誘電体膜の厚みの和 $t_s$ と圧電板の厚み $t_p$ との比 $t_s/t_p$ を0.7以上2.0以下とすることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動子であり、誘電体膜の厚みが変化しても電気機械結合係数がほとんど変化せず安定した特性が得られるという作用を有する。

## 【0015】

請求項9に記載の発明は、請求項1に記載の圧電振動子を少なくとも2個以上備えた梯子型フィルタであり、個々の振動子の共振周波数や電気機械結合係数が安定した特性であるため、帯域幅などが安定したフィルタ特性が得られるという作用を有する。

## 【0016】

請求項10に記載の発明は、請求項1に記載の圧電振動子における圧電板の一方の主面側に設けられた電極が入力用と出力用の2つの電極からなり、圧電板の他方の主面側に設けられた電極が接地用となる構成の2重モードフィルタであり、帯域幅などが安定したフィルタ特性が得られるという作用を有する。

## 【0017】

請求項11に記載の発明は、請求項1に記載の圧電振動子の共振周波数を調整するにあたって、圧電板の一方の主面側の誘電体膜の厚みと他方の主面側の誘電体膜の厚みの和 $t_s$ と圧電板の厚み $t_p$ との比 $t_s/t_p$ が0.7以上2.0以下の範囲となるように前記誘電体膜の少なくともいずれか一方の厚みを変化させて前記圧電振動子の共振周波数を変化させる調整方法であり、圧電振動子の電気機械結合係数をほとんど変化させずに圧電振動子の共振周波数を変化させることができる周波数調整を実現できるという作用を有する。



## 【0 0 1 8】

以下、本発明の実施の形態について図 1 ～図 8 を用いて説明する。

## 【0 0 1 9】

(実施の形態 1)

図 1 は、圧電材料に窒化アルミニウムを用い分極方向が圧電板の厚み方向を向いている厚み縦振動基本波を主振動とする圧電振動子の断面図であり、1 は圧電板である窒化アルミニウム、2 は圧電板 1 の両主面に相対向して設けられた励振用電極、3 は圧電板 1 の両主面に形成された誘電体膜としての酸化珪素膜である。

## 【0 0 2 0】

圧電板 1 としての窒化アルミニウムの厚みは  $1 \mu\text{m}$  である。また、酸化珪素膜 3 の厚みはどちらも  $0.4 \mu\text{m}$  と同じ厚みで圧電板 1 の両主面に存在するため、長期的な応力緩和の差に起因する圧電板 1 や酸化珪素膜 3 に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができる。

## 【0 0 2 1】

また、酸化珪素は負の周波数温度係数を有し窒化アルミニウムは正の周波数温度係数を有するため、これらの積層構造により周波数温度係数をほぼ相殺させることができ、周波数温度特性を良好にすることができる。酸化珪素膜の代わりに、酸化珪素膜と窒化珪素膜の積層膜でも同様の効果が得られる。

## 【0 0 2 2】

また、主振動に基本波を用いているため 2 倍波に比べると圧電板 1 や酸化珪素膜 3 の厚みばらつきに対する共振周波数の変化量がおよそ二分の一である。よって、高精度に共振周波数や電気機械結合係数を目標値に合わせることができる。

## 【0 0 2 3】

圧電振動子の共振周波数は主に圧電板 1 の厚みや励振用電極 2 の厚み、そして酸化珪素膜 3 の厚みにより決定されるが、電気的特性の重要な項目の一つである電気機械結合係数もそれらの厚みによって変化することが知られている。そこで、圧電材料に窒化アルミニウムを用い圧電板 1 の分極方向が厚み方向を向き、圧

電板 1 の両主面に同じ厚みの誘電体膜としての酸化珪素膜 3 を設けた積層構造とした圧電振動子について、圧電板 1 の一方の主面側の酸化珪素膜 3 の厚みと他方の主面側の酸化珪素膜 3 の厚みの和  $t_s$  と圧電板 1 の厚み  $t_p$  との比  $t_s/t_p$  を変化させた場合の電気機械結合係数の変化を示したグラフを図 2 に示す。図 2 には、厚み縦振動基本波と 2 倍波の場合のそれぞれの電気機械結合係数を示している。

#### 【0024】

図 2 からわかるように、基本波の場合、2 倍波の場合ともに  $t_s/t_p$  が 0.7 以上 2.0 以下の範囲であれば、電気機械結合係数の値は前記範囲内最小値の 25% 以内の変化量におさまっている。このように電気機械結合係数が安定しているということは、圧電振動子を電圧制御発振器 (VCO) に用いる場合や、圧電振動子を複数個組み合わせて圧電フィルタを構成する場合などにおいて安定した特性が得られるという利点となる。 $t_s/t_p$  が 2.0 よりも大きくなると厚み縦振動に対する質量負荷が大きくなりすぎ、振動のしやすさの指標にもなる機械的品質係数が小さくなってしまうため実用的でない。

#### 【0025】

本実施の形態 1 の場合、圧電板 1 の主面表側の酸化珪素膜 3 の厚みと裏側の酸化珪素膜 3 の厚みの和  $t_s$  は  $0.8\ \mu\text{m}$  であり窒化アルミニウムからなる圧電板 1 の厚み  $t_p$  は  $1\ \mu\text{m}$  であるから、 $t_s$  と  $t_p$  の比  $t_s/t_p$  が 0.8 であるため、窒化アルミニウムの片方の主面側に形成された酸化珪素膜 3 上にさらに酸化珪素膜 3 を追加して形成することで圧電振動子の共振周波数を目標値に合わせる周波数調整工程において、 $t_s/t_p$  が 0.7 以上 2.0 以下の範囲であれば電気機械結合係数をほとんど変化させることなく共振周波数を調整できる周波数調整工程を実現できる。

#### 【0026】

また本実施の形態 1 では、圧電材料に窒化アルミニウムを用いて説明したが、PZT や ZnO などの他の圧電材料でも同様の効果が得られる。また、圧電振動子の一方の主面側にある酸化珪素膜に追加して酸化珪素膜を形成することで共振周波数を調整する方法を説明したが、圧電振動子の他方の主面側、あるいは主面

の両側の酸化珪素膜に対して酸化珪素膜を追加あるいは除去することで共振周波数を調整してもよい。

#### 【0027】

##### (実施の形態2)

図3は、圧電材料に窒化アルミニウムを用い分極方向が圧電板の厚み方向を向いている厚み縦振動2倍波を主振動とする圧電振動子の断面図であり、1は圧電板である窒化アルミニウム、2は圧電板1の両主面に相対向して設けられた励振用電極、4は圧電板1の主面表側に形成された誘電体膜としての窒化珪素膜、3は圧電板1の主面裏側に形成された誘電体膜としての酸化珪素膜、5は圧電振動子全体を支持するための珪素からなる支持基板である。

#### 【0028】

窒化アルミニウムからなる圧電板1の厚み10 $\mu$ mであり、酸化珪素膜3の厚みは4 $\mu$ m、窒化珪素膜4の厚みは5 $\mu$ mとほぼ同じ厚みで圧電板1の主面両側に存在するため、長期的な応力緩和の差に起因する圧電板1や誘電体膜に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができる。

#### 【0029】

また、本実施の形態2で示した圧電振動子は、珪素からなる支持基板5上に窒素を注入し窒化珪素膜4を設けた上に窒化アルミニウムを用いた圧電振動子を作成した後で、圧電振動子の振動部を中空構造とするため支持基板5を裏面から化学的エッチングなどで除去する工程などで作成できるが、窒化珪素膜4で支持基板5のエッチングをストップさせる働きをもたせることができるため圧電振動子の作成工程を簡便にできる。

#### 【0030】

また、主振動に2倍波を用いているため基本波を用いた場合に比べてほぼ2倍の高い共振周波数が得られる。

#### 【0031】

##### (実施の形態3)

圧電振動子を複数個組み合わせることで、特定の周波数帯域だけ信号を通過させることができる帯域通過フィルタを作ることができることが知られている。一般に、振動子の共振周波数や反共振周波数をフィルタ特性の極とし、共振周波数と反共振周波数の間を通過域として用いる梯子型フィルタが用いられる場合が多い。図4に圧電振動子11を2個用いて梯子型フィルタを構成する場合の電氣的等価回路を示す。

#### 【0032】

図5は、圧電材料に窒化アルミニウムを用い分極方向が圧電板の厚み方向を向いている厚み縦振動基本波を主振動とする圧電振動子2個を図4の等価回路のように接続して得られる梯子型フィルタであり、11は圧電振動子、12は入力用外部端子、13は出力用外部端子、14は接地用外部端子、15は金属細線である。梯子型フィルタに用いている圧電振動子11は2個とも、圧電板の両主面にほぼ同じ厚みの誘電体膜を設けた積層構造であり、圧電振動子の共振周波数や電気機械結合係数は安定した特性であるため、帯域幅などが安定したフィルタ特性が得られる。

#### 【0033】

(実施の形態4)

梯子型フィルタ以外のフィルタとして、一枚の圧電板に複数の圧電振動子を配置しそれらの振動を結合させることで帯域通過フィルタを作る多重モードフィルタがある。このようなフィルタはMCF（モノリシッククリスタルフィルタ）とも呼ばれ、a<sub>0</sub>モードやs<sub>1</sub>モードなどのインハーモニック・オバートーンと呼ばれる振動を積極的に利用したものである。ここでは、s<sub>0</sub>モードとa<sub>0</sub>モードの二つのモードを用いた2重モードフィルタの場合を述べる。

#### 【0034】

2重モードフィルタの構造は、図6のように圧電板1の一方の主面側に微小な間隔を空けて入力用電極21と出力用電極22を設け、他方の主面側に接地用電極23を設けるもので、対称モードであるs<sub>0</sub>モードと斜対称モードであるa<sub>0</sub>モードを生じさせ、帯域通過フィルタを実現するものである。図6における接地用電極23は一つしかないが、図7のように入力用電極21と出力用電極2

2 にそれぞれ相対向して接地用電極 2 3 を設けても構わない。

#### 【0 0 3 5】

図 8 は、圧電材料に窒化アルミニウムを用いた厚み縦振動基本波を主振動とする 2 重モード圧電フィルタであり、1 は圧電板である窒化アルミニウム、2 1 は入力用電極、2 2 は出力用電極、2 3 は接地用電極、2 4 は圧電板 1 の主面裏側に形成された窒化珪素膜、2 5 は圧電板 1 の主面表側に形成された酸化珪素膜、2 6 は 2 重モード圧電フィルタ全体を支持するための珪素からなる支持基板である。フィルタの構造は、圧電板 1 の両主面にはほぼ同じ厚みの誘電体膜を設けた積層構造であり二つの振動モードの共振周波数は安定した特性であるため、帯域幅などが安定したフィルタ特性が得られる。

#### 【0 0 3 6】

##### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、圧電板の分極方向が厚み方向を向いている圧電振動子において、前記圧電板の両主面に励振用電極が設けられ、さらに前記圧電板の両主面には前記圧電板を挟んでほぼ点対称な位置にほぼ相似形で、かつ、ほぼ同じ厚みの誘電体膜が積層され、前記圧電板が厚み縦振動を主振動とするように構成されているため、長期的な応力緩和の差に起因する圧電板や誘電体膜に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができるという有利な効果が得られる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の圧電振動子の一実施の形態を示す断面図

##### 【図 2】

誘電体膜と圧電板との厚み比と電気機械結合係数の関係を示す図

##### 【図 3】

本発明の圧電振動子の他の実施の形態を示す断面図

##### 【図 4】

圧電振動子を用いた梯子型フィルタの電氣的等価回路を示す図

【図 5】

本発明の梯子型フィルタの実施の形態を示す斜視図

【図 6】

2重モード圧電フィルタの断面図

【図 7】

2重モード圧電フィルタの断面図

【図 8】

本発明の2重モード圧電フィルタの一実施の形態を示す断面図

【図 9】

従来の圧電振動子の断面図

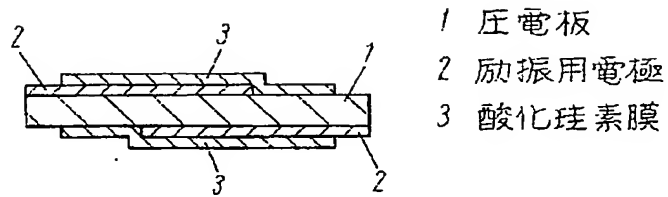
【符号の説明】

- 1 圧電板
- 2 励振用電極
- 3 酸化珪素膜
- 4 窒化珪素膜
- 5 支持基板
- 11 圧電振動子
- 12 入力用外部端子
- 13 出力用外部端子
- 14 接地用外部端子
- 15 金属細線
- 21 入力用電極
- 22 出力用電極
- 23 接地用電極
- 24 窒化珪素膜
- 25 酸化珪素膜
- 26 支持基板

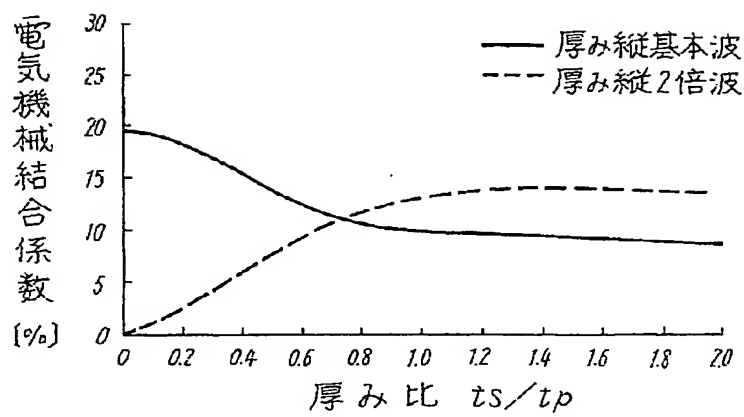
【書類名】

図面

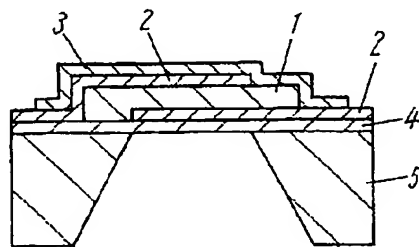
【図 1】



【図 2】

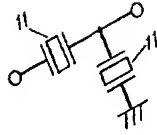


【図 3】

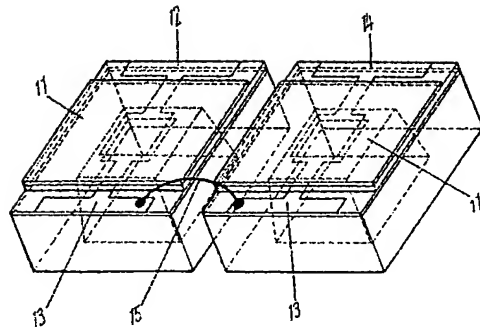


特願2002-312444

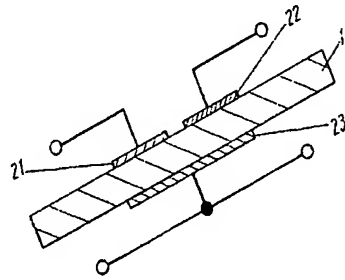
【図4】



【図5】



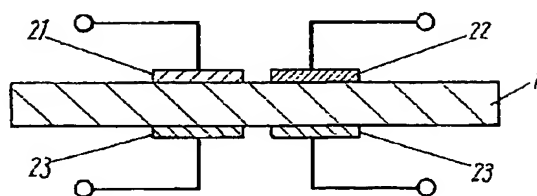
【図6】



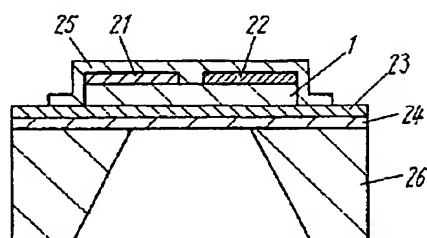
出証特2003-3097951



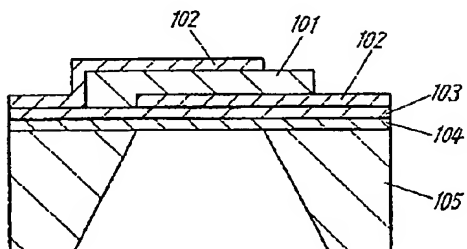
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧電板の分極方向が厚み方向を向いており圧電板と誘電体膜との積層構造をなす圧電振動子において、圧電振動子が反ることによる共振周波数の変化を小さくすることができる圧電振動子を提供することを目的とする。

【解決手段】 圧電板 1 の両主面にほぼ同じ厚みの誘電体膜としての酸化珪素膜 3 を設けた積層構造とすることを特徴とする圧電振動子である。上記構造をとることで、誘電体膜が圧電板 1 の両主面に存在するため長期的な応力緩和の差に起因する圧電板 1 や誘電体膜に働く内部応力の差が小さくなり、反りを極力小さくすることができる。よって、圧電振動子が反ることによる圧電振動子の共振周波数の変化を小さくすることができるという効果を有する。

【選択図】 図 1

特願2002-312444

11 00 1 02 00 00 00

| |

| |

|| |